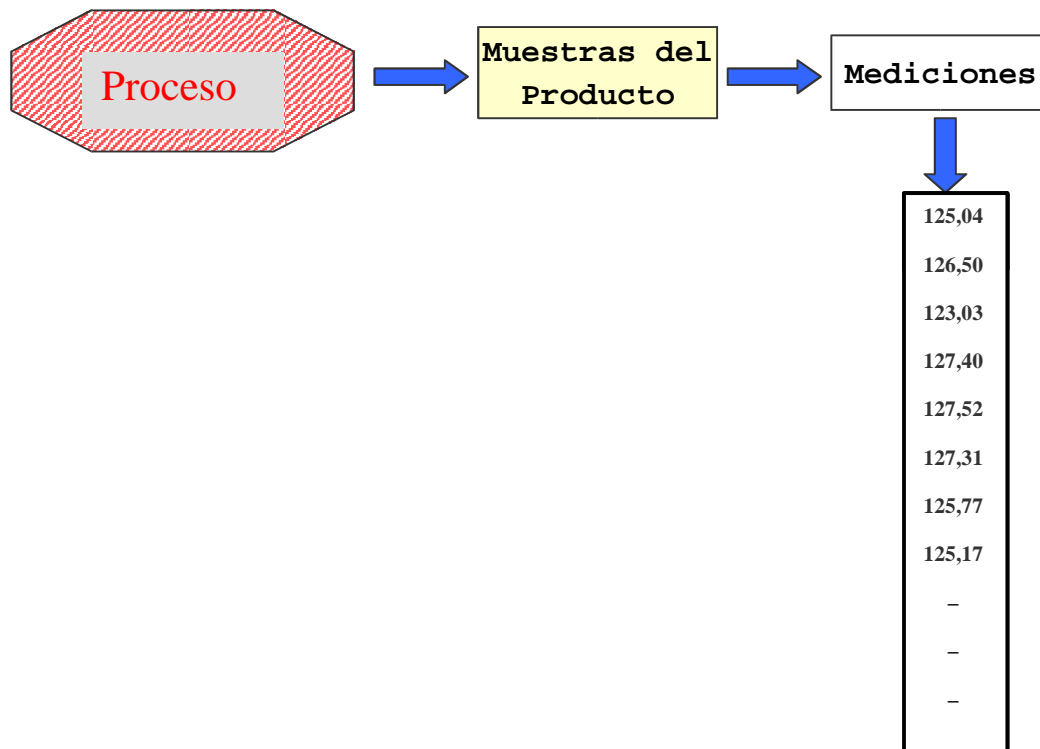


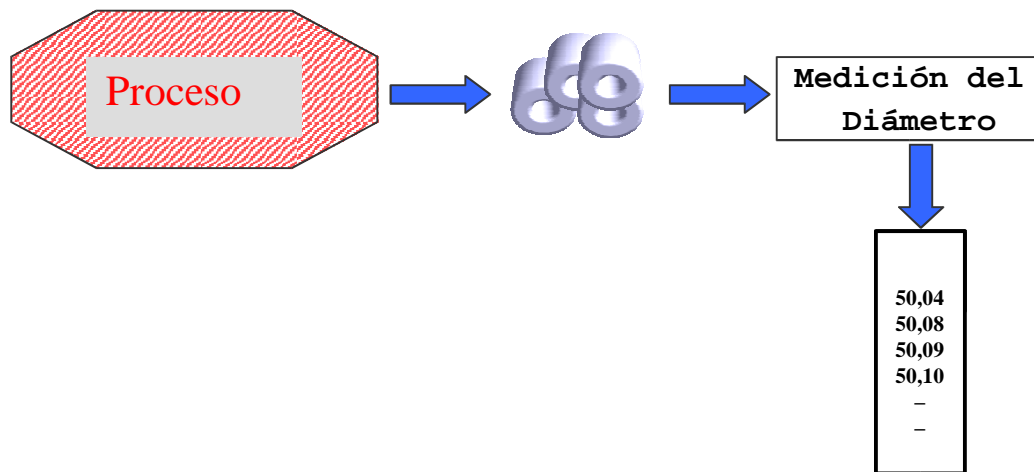
Control Estadístico de Procesos

Gráficos X-R

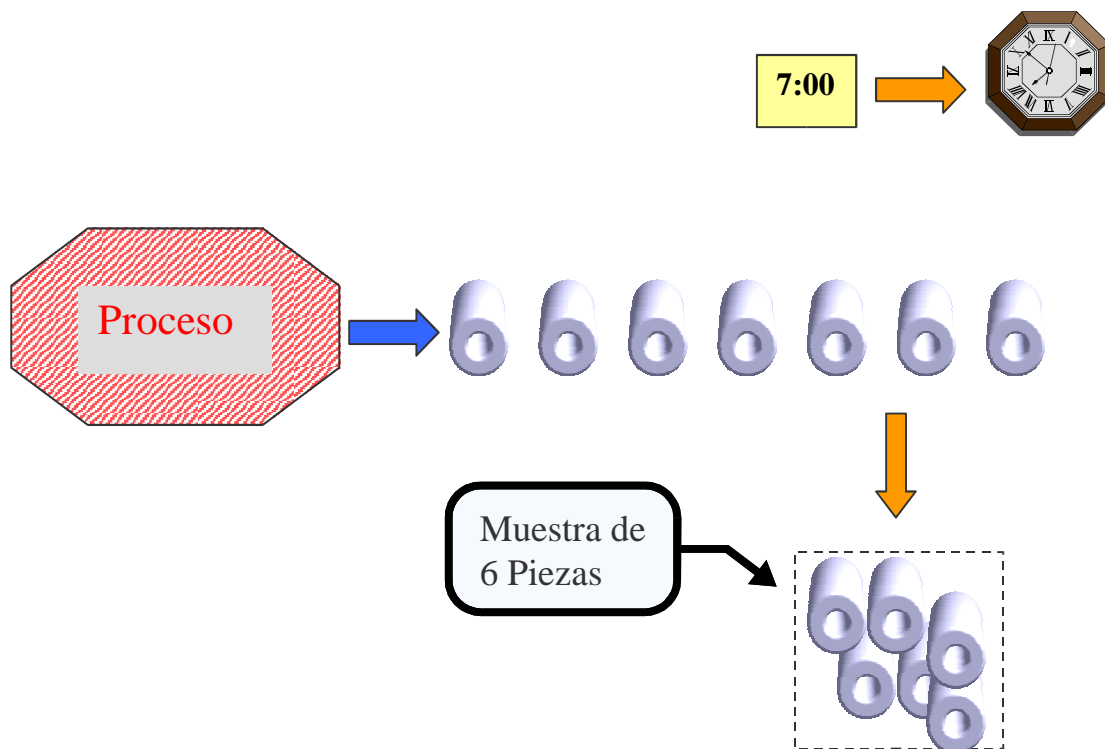
Los gráficos X-R se utilizan cuando la característica de calidad que se desea controlar es una *variable continua*.



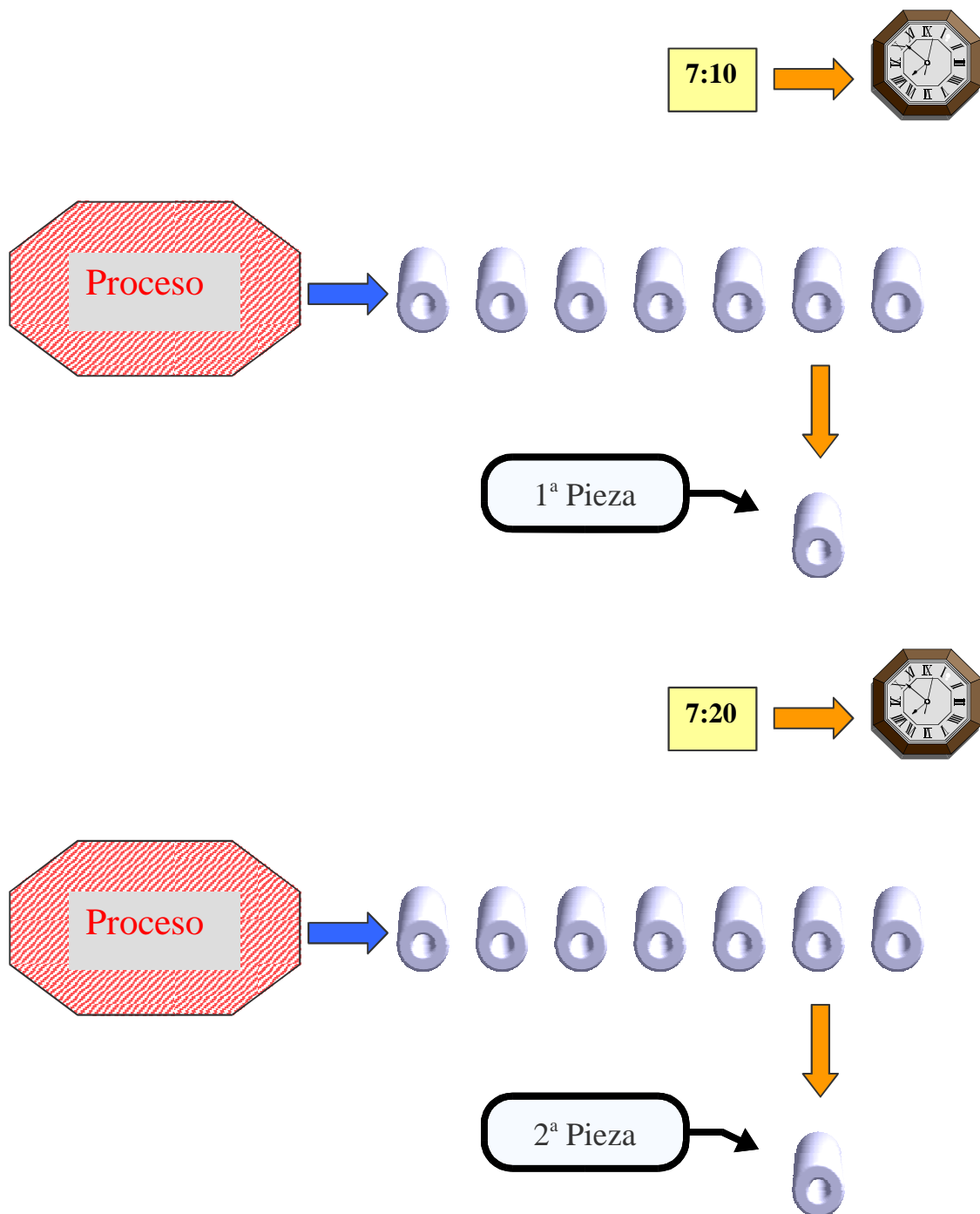
Para entender los gráficos X-R, es necesario conocer el concepto de **Subgrupos** (o Subgrupos racionales). Trabajar con subgrupos significa agrupar las mediciones que se obtienen de un proceso, de acuerdo a algún criterio. Los subgrupos se realizan agrupando las mediciones de tal modo que haya la máxima variabilidad *entre* subgrupos y la mínima variabilidad *dentro* de cada subgrupo. Por ejemplo, si hay cuatro turnos de trabajo en un día, las mediciones de cada turno podrían constituir un subgrupo.

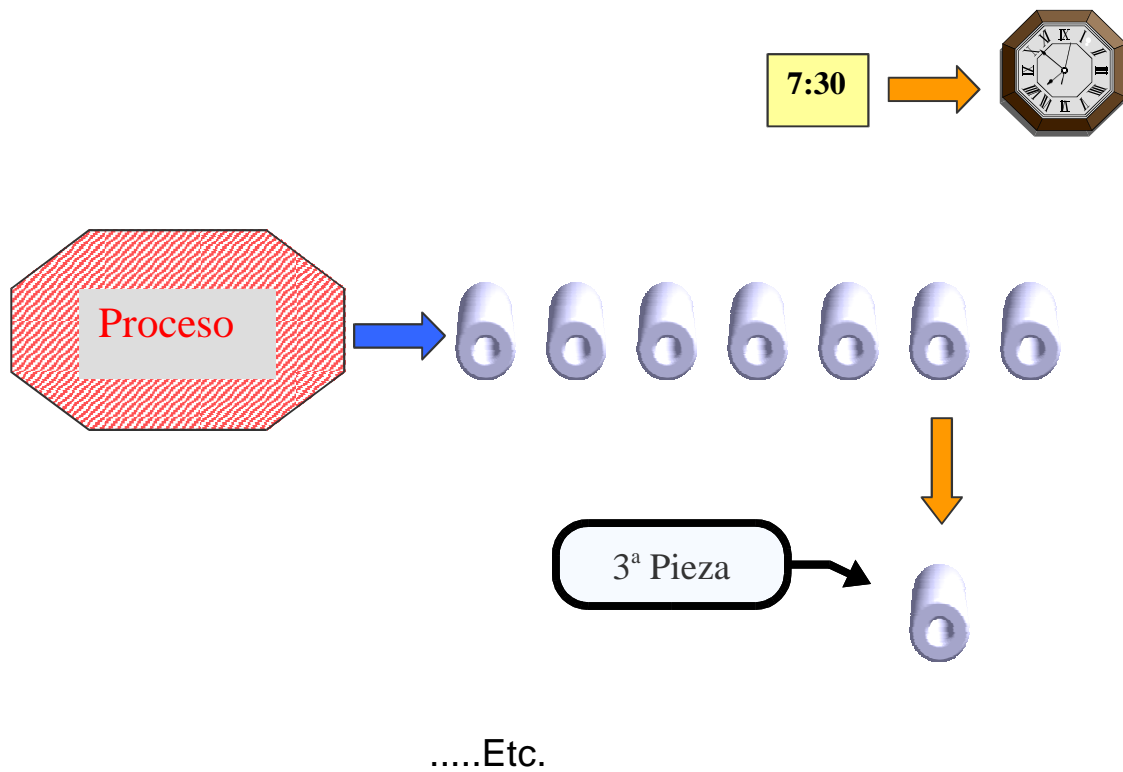


Supongamos una fábrica que produce piezas cilíndricas para la industria automotriz. La característica de calidad que se desea controlar es el diámetro de las piezas. Hay dos maneras de obtener los subgrupos. Una de ellas es retirar varias piezas juntas a intervalos regulares, por ejemplo cada hora:

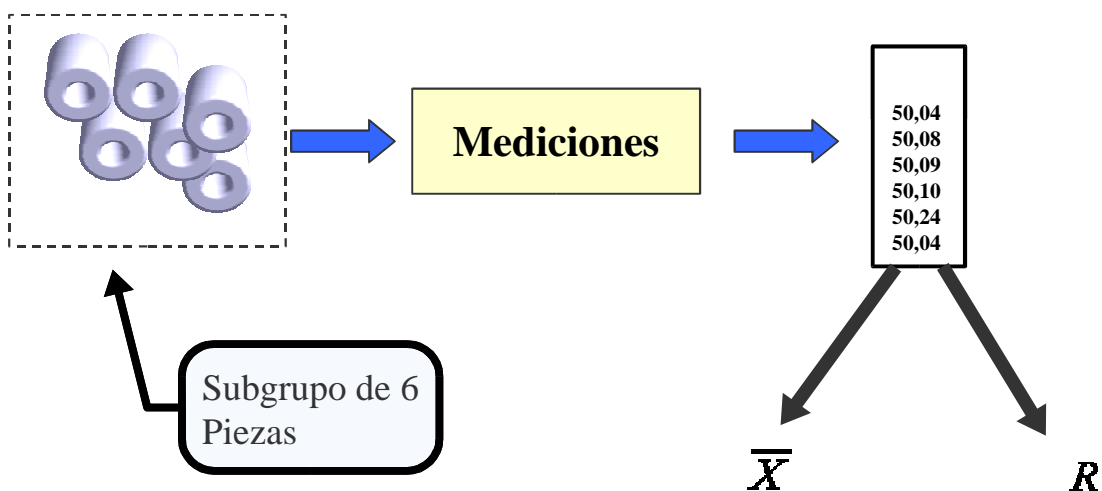


La otra forma es retirar piezas individuales a lo largo del intervalo de tiempo correspondiente al subgrupo:





Por cualquiera de los dos caminos, obtenemos grupos de igual número de mediciones. Para cada subgrupo calculamos el Promedio y el Rango (Diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo).



$$\bar{X} = \frac{50,04 + 50,08 + 50,09 + 50,10 + 50,24 + 50,04}{6}$$

$$R = (50,24 - 50,04)$$

Como ya se ha visto, para calcular los Límites de Control es necesario obtener un gran número de mediciones, divididas en subgrupos. En nuestro ejemplo, podríamos obtener 30 subgrupos de 6 datos cada uno:

Subgrupo 1	50,04 50,08 50,09 50,10 50,24 50,04	Subgrupo 5	50,06 50,01 50,06 50,03 50,18 50,03
Subgrupo 2	50,14 49,97 50,07 49,97 50,03 50,10	Subgrupo 6	50,10 50,14 50,07 50,12 50,08 50,10
Subgrupo 3	49,99 50,13 50,18 50,04 50,08 50,08	Subgrupo 7	50,11 49,96 50,07 49,95 50,03 50,10
Subgrupo 4	50,03 50,18 50,08 50,08 50,08 50,10 50,12		— — —

Después de calcular el Promedio y el Rango de cada subgrupo, tendríamos una tabla como la siguiente:

Nº Subgrupo	Xp	R
1	50.10	0.20
2	50.05	0.17
3	50.08	0.19
4	50.10	0.15
5	50.06	0.17
6	50.10	0.07
7	50.04	0.16
–	–	–
–	–	–

A partir de esta tabla, se calculan el promedio general de promedios de subgrupo y el promedio de rangos de subgrupo:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum \bar{X}_i}{N}$$

\bar{X}_i Promedio de Subgrupo

N Número de Subgrupos

o también:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum x_i}{N \cdot n}$$

x_i	Mediciones individuales
N	Número de Subgrupos
n	Número de mediciones dentro del Subgrupo

$$\bar{R} = \frac{\sum R_i}{N}$$

R_i	Rango del Subgrupo
-------	--------------------

La desviación standard del proceso se puede calcular a partir del rango promedio, utilizando el coeficiente d_2 , que depende del número de mediciones en el subgrupo:

$$s = \frac{\bar{R}}{d_2}$$

Con esto podemos calcular los Límites de Control para el gráfico de \bar{X} :

$$\text{Línea Central} = \bar{\bar{X}}$$

$$LSC = \bar{\bar{X}} + 3 \cdot \frac{s}{\sqrt{n}}$$

$$LIC = \bar{\bar{X}} - 3 \cdot \frac{s}{\sqrt{n}}$$

La desviación standard del rango se puede calcular utilizando el coeficiente d_3 , que también depende del número de mediciones en el subgrupo:

$$s_R = \frac{d_3 \cdot \bar{R}}{d_2}$$

Y así podemos calcular los Límites de Control para el Gráfico de R:

$$\text{Línea Central} = \bar{R}$$

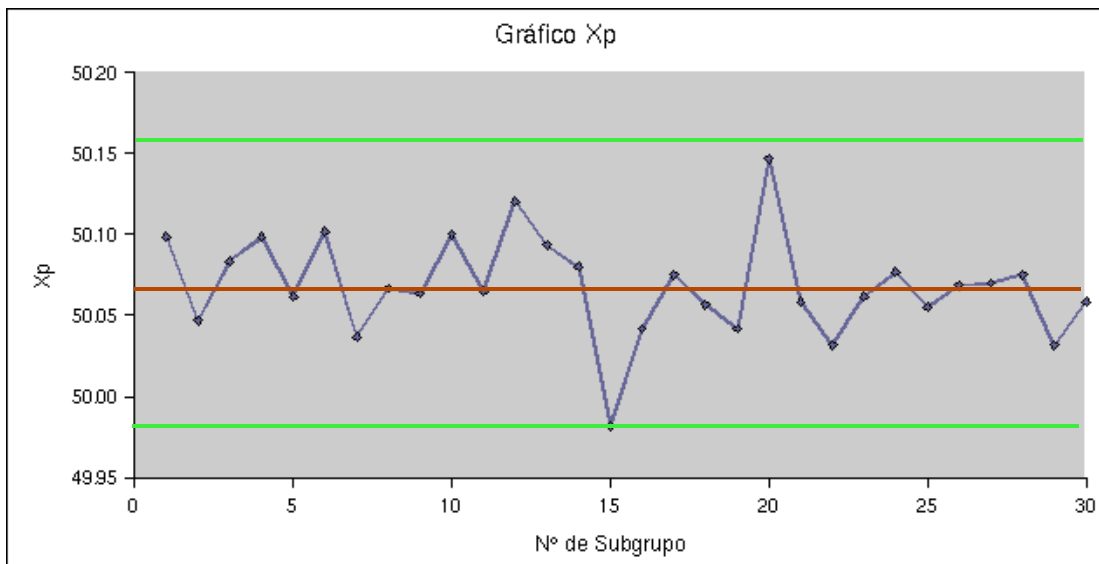
$$LSR = \bar{R} + 3 \cdot s_R$$

$$LIR = \bar{R} - 3 \cdot s_R$$

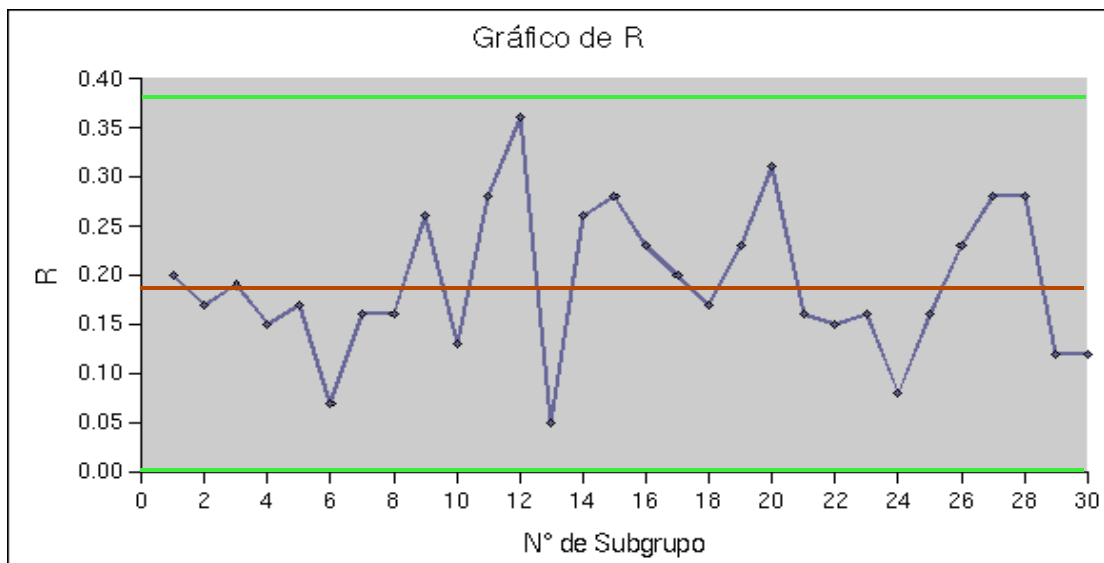
La tabla siguiente muestra los coeficientes d_2 y d_3 para subgrupos de hasta 10 mediciones:

n	d_2	d_3
2	1.128	0.853
3	1.693	0.888
4	2.059	0.880
5	2.326	0.864
6	2.534	0.848
7	2.704	0.833
8	2.847	0.820
9	2.970	0.808
10	3.078	0.797

Construimos entonces un Gráfico X de prueba y representamos los promedios de los subgrupos:



Y un Gráfico R de prueba, donde representamos los rangos de los subgrupos:



Si no hay puntos fuera de los límites de control y no se encuentran patrones no aleatorios, se adoptan los límites calculados para controlar la producción futura.
